



# Ergonomický pohled na pracoviště.

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301R000 – Strojní inženýrství  
*Autor práce:* **Jakub Cerman**  
*Vedoucí práce:* Ing. Jan Vavruška, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Mechanical Engineering ■

## Bachelor thesis

*Study programme:* B2301 – Mechanical Engineering  
*Study branch:* 2301R000 – Mechanical Engineering

*Author:* **Jakub Cerman**  
*Supervisor:* Ing. Jan Vavruška, Ph.D.



Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Akademický rok: 2016/2017

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub Cerman**

Osobní číslo: **S16000359**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Strojní inženýrství**

Název tématu: **Ergonomický pohled na pracoviště.**

Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

### **Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :**

1. Ergonomie v teorii a praxi. (Vztah ergonomie a požadavků na produktivitu a kvalitu.)
2. Výběr oblasti pro hodnocení pracoviště. (Např. vybrané faktory prostředí, nebo pracovní polohy a rozměry pracoviště, nebo pracovní zátěž)
3. Legislativní přehled pro vybranou problematiku. (Legislativa ČR pro danou oblast - předsané limity)
4. Metodika pro analýzu pracoviště. (Metody předsané pro analýzu pracoviště)
5. Ergonomické hodnocení pracoviště. (Zpracování vstupů a vyhodnocení pracoviště)
6. Nápravná opatření. (Typová opatření pro snížení rizika u nevyhovujících pracovišť)

Rozsah grafických prací: Dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

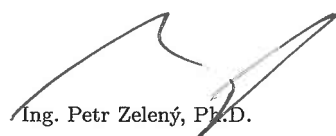
- [1] MAREK, J., SKŘEHOT, P. Základy aplikované ergonomie. VÚBP, a.s. Praha, 2009. ISBN 978-80-86973-58-6.
- [2] BĚLOHLÁVKOVÁ, L. a kol.: ERGONOMIE na pracovištích (sešiti I. - V.), Praha 2004, Akademie práce a zdraví ČR, o.p.s. a MPSV ČR
- [3] CHUNDELA, L. Ergonomie. Praha: ČVUT, 2007. 173 s. ISBN 978-80-01-03802-4
- [4] VEBER, V. Pracovní prostředí. Praha: Práce, 1982. 324 s.
- [5] BUREŠ, M. Tvorba a optimalizace pracoviště, e book. Plzeň: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3
- [6] [MALÝ, S., KRÁL, M., HANÁKOVÁ, E., ABC Ergonomie. Praha, 2010. ISBN 978-80-7431-027-0.
- [7] GILBERTOVÁ, S; MATOUŠEK, O., Ergonomie: optimalizace lidské činnosti. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0226-6.
- [8] DLOUHÁ, B. a kolektiv. Prevence v pracovním lékařství. Praha, 2010. ISBN 978-80-7071-315-0.
- [9] SLAMKOVÁ, E., DULINA, L., TABAKOVÁ, M. Ergonómia v priemysle. Žilina: GEORG, 2010. 261 s., ISBN 978-80-89401-09-3
- [10] ČSN normy Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci (se změnami: 68/2010 Sb., 93/2012 Sb., 9/2013 Sb., 32/2016 Sb.)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Vavruška  
Katedra výrobních systémů a automatizace

Datum zadání bakalářské práce: 1. listopadu 2016  
Termín odevzdání bakalářské práce: 1. února 2018

  
prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



  
Ing. Petr Zelený, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2016

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat panu doktoru Vavruškovi za cenné rady, poznámky a připomínky. Dále také katedře výrobních systémů za poskytnutí měřících přístrojů.

**Anotace**

Cílem práce je zpracováním návodu pro pracovníka provádějící ergonomický screening pracoviště zaměřený na osvětlení prostoru. Pomocí měřidel byla provedena analýza na dvou pracovištích a následně byla provedena nápravná opatření. Měření bylo porovnáno s českou legislativou.

**Klíčová slova**

ergonomie, osvětlení, analýza pracoviště

**Annotation**

The aim of the thesis is to elaborate the instructions for the worker performing ergonomic screening workplace focused on illumination of space. An analysis was carried out on two workplaces using gauges and corrective action was taken. The measurement was compared with the Czech legislation.

**Key words**

ergonomics, illumination, workplace analysis



## Obsah

ÚVOD.....	10
1.Představení Ergonomie.....	11
1.1 Rozdělení ergonomie dle prostředí.....	12
1.1.1 Fyzikální faktory.....	12
1.1.2 Hygienické faktory.....	13
1.1.3 Bezpečnostní faktory.....	14
1.1.4 Sociální faktory.....	14
2 Osvětlení .....	15
2.1 Síť kontrolních bodů .....	15
2.2 Rovnoměrnost osvětlení.....	16
2.3 Osvětlenost místa zrakového úkolu .....	17
3 Měření Osvětlení.....	18
3.1 Postup měření.....	18
3.1.1 Multifunkční přístroj Voltcraft 4 in 1.....	19
3.1.2 Přístroj pro měření osvětlení testo 545.....	22
3.2 Měření na pracovišti.....	24
3.2.1 Případová studie 1.....	24
3.2.2 Případová studie 2.....	26
4 Výsledky a analýza pracoviště.....	28
4.1 Případová studie 1.....	28
4.2 Případová studie 2.....	33
5 Návrhy na zlepšení.....	35
ZÁVĚR.....	39
Použitá literatura.....	40

## **Seznam obrázků**

Obrázek 1: Systém člověk - stroj – prostředí.....	11
Obrázek 2: Rozmístění sítě kontrolních bodů.....	15
Obrázek 3: Popis přístroje Voltcraft.....	20
Obrázek 4: Popis přístroje testo 545.....	22
Obrázek 5: Síť kontrolních bodů pracoviště 1.....	24
Obrázek 6: Síť kontrolních bodů pracoviště 2.....	26

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1: Doporučené hodnoty roztečí.....	16
Tabulka 2: Vztah mezi osvětlenostmi bezprostředního okolí úkolu a pozadí.....	17
Tabulka 3: Technická data Voltcraft 4in1.....	19
Tabulka 4: Funkce a rozsahy přístroje Voltcraft.....	21
Tabulka 5: Technická data testo 545.....	22
Tabulka 6: Hodnoty kombinované osvětlení pracoviště 1.....	25
Tabulka 7: Hodnoty umělého osvětlení pracoviště 1.....	25
Tabulka 8: Hodnoty kombinovaného osvětlení pracoviště 2.....	27
Tabulka 9: Hodnoty umělého osvětlení pracoviště 2.....	27
Tabulka 10: Hodnoty osvětlení dle normy.....	30
Tabulka 11: Hodnoty osvětlení dle normy.....	34
Tabulka 12: Charakteristiky vybraných světelných zdrojů.....	37
Tabulka 13: Hodnoty poměrného příkonu.....	38

### **Seznam použitých zkratek a symbolů**

rv	relativní vlhkost
MZd	Ministerstvo zdravotnictví

## ÚVOD

Cíl této práce je vytvoření návodu pro pracovníka provádějící ergonomickou analýzu pracoviště. Smyslem této práce je také ukázat správné postupy při měření. V teoretické části se bude psát zejména o ergonomii obecně, o faktorech ovlivňující ergonomické prostředí a poté o teorii osvětlení, jeho normách a teoretické měření.

Dále v praktické části se budu zabývat jedním z faktorů prostředí a tím je osvětlení. Hlavní náplní této části je vlastní měření. Zde se bude popisovat postup měření, kde bude zmínováno na co si dávat pozor, jaké pomůcky jsou potřeba a také popis dvou měřících přístrojů, jejich vlastnosti a stručný návod k jejich použití.

Následovat bude měření na dvou pracovištích, u nichž se bude zaměřovat hlavně na místa, kde se provádí určitá pracovní činnost a pokud nebudou vyhovovat normám, tyto místa zlepšit. Analýza pracovišť byla prováděna ve dne a v noci. Měření probíhala následujícím způsobem: Pracoviště bylo rozděleno do několika bodů, které budou od sebe vzdáleny s určitou vzdáleností, pomocí luxmetrů byly naměřeny potřebné hodnoty, tyto hodnoty byly doplněny do tabulky a poté porovnány s českou legislativou.

V další části se budou vyhodnocovat výsledky a kontrola zda-li pro zvolenou činnost vyhovují změřené hodnoty, pokud ne, v následující a závěrečné kapitole se udělají nápravná opatření na místech, které nesplnily normy a pomocí tabulek zvolíme vhodný zdroj světla.

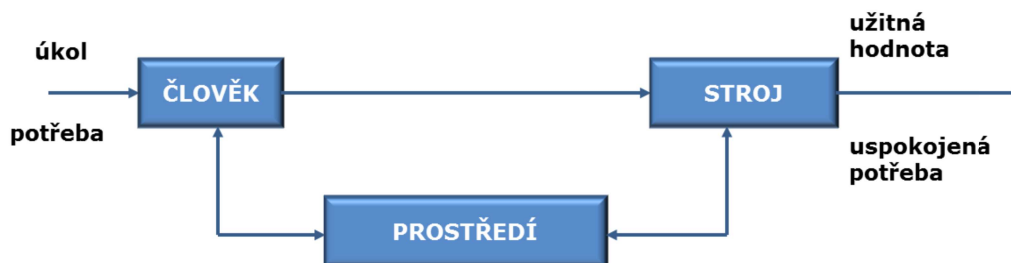
# 1. Představení Ergonomie

V dnešní době se může ergonomie ujmout jak v práci tak i v běžném životě. Chceme pohodlně sedět nejenom při práci, ale i doma při odpočinku nebo v dopravních prostředcích. Při práci doma chceme užívat přístroje a nástroje s líbivým tvarem, ale zároveň vyžadujeme, aby se dobře držely, snadno se s nimi zacházelo a nebyly moc těžké. Ergonomie se dá uplatnit i v mimopracovních aktivitách, jako je sport, doprava a také i spánek.

Definice ergonomie podle Chundely: „*Ergonomie je interdisciplinární systémový vědní obor, který komplexně řeší činnost člověka i jeho vazby s technikou a prostředím, s cílem optimalizovat jeho psychofyzickou zátěž a zajistit rozvoj jeho osobnosti.*“ [1]

Ergonomií je vyznačována interdisciplinární nauka vzniklá sjednocením aplikovaných věd, jehož předmětem studia jsou pracovní systémy. Jde o obory jako antropometrie, filozofie práce, psychologie práce a hygiena práce.

Uspořádání vztahů člověk - pracovní předmět - pracovní prostředí se stává nedílnou součástí celkového hodnocení pracovních systémů. I když dochází k odlišné charakteristice ergonomie, základní myšlenka je vždy společná. Jejím úkolem je usnadnit používání nástrojů, přizpůsobení prostředí člověku, zabránění přetížení člověka tedy jeho únavy nebo jeho selhání při daném úkolu. Důležité je zdůraznit, že aplikací ergonomických poznatků na pracovišti je možné zlepšit výkon pracovníka při snížení jeho námahy. [6]



Obr. 1 Systém člověk - stroj – prostředí [6]

## 1.1 Rozdělení ergonomie dle prostředí

Jak je známo v ergonomii se musí přizpůsobovat prostředí člověku. Ergonomické prostředí má za úkol přispívat pocitu pracovního komfortu nebo snižovat či omezovat zdravotně nepříznivé faktory. Zahrnujeme do něho všechno, co se nachází kolem člověka a působí na jeho činnost. Patří sem nejen fyzikální faktory, ale i sociální, hygienické a bezpečnostní faktory.

### 1.1.1 Fyzikální faktory

Jedny z nejčastějších důležitých faktorů jsou:

- **Hluk**

Je to zvukový jev, jenž v našem uchu vyvolává rušivý nebo škodlivý sluchový vjem. Velký hluk se na lidském organismu projevuje obzvlášť na poruchách vyšší nervové činnosti, ale také má vliv na zažívací činnosti, zhoršení pooperačních stavů a především na zhoršení sluchu.

Opatřením je, že nejdříve je nutno zjistit zdroj hluku. To se provede pomocí měřidla (hlukoměru), někdy to lze určit i pomocí sluchu. Poté je nutno zjistit příčiny zvuku, tzn. kde hluk přímo vzniká. Ve finální fázi je třeba navrhnout prevenci (nápravná opatření), která by zmenšila hladinu zvuku.

- **Osvětlení**

Správným osvětlením lze nejen zlepšit vykonávání práce, ale i zvýšit její kvalitu, čistotu, bezpečnost práce a snížit zrakovou únavu. Dělíme ho na **přirozené**, **umělé** a **sdrúžené**. Přirozené má řadu nevýhod, je to kolísání během roku, ale taky během dne nebo i vlivem počasí. Umělé záření je tedy jediné, které nám zajistí trvalé osvětlení pracoviště.

Měření provádíme pomocí fotometrů – luxmetrů. To provádíme na pracovní ploše. Může to být rovina stolu nebo plocha panelu a pokud není určena, používáme tzv. srovnávací rovinu, což je vodorovná plocha, která je 0,85m nad podlahou. Jelikož norma předepisuje hodnoty průměrného osvětlení, je potřeba měřit intenzitu na více místech a poté provést aritmetický průměr.

- **Teplota vzduchu**

Musí odpovídat tepelné bilanci lidského těla. Tělesná teplota je u zdravého člověka v rozmezí 36 – 37°C. Produkce tepla závisí na druhu práce. Je jasné, že teplota v létě je vyšší a v zimě o něco nižší. Teplota má vliv na zhoršení produktivity práce, narušení pracovní pohody a může dojít i k ohrožení zdraví.

Měření se provádí na místech, kde pracovník obvykle pracuje (max. 6 míst). Měříme od výšky hlavy stojícího a sedícího pracovníka a ve výši kotníků. Také se měří po dobu práce nebo po dobu operace. Zároveň je nutno měřit vlhkost a proudění

vzduchu. K měření užíváme teploměry kapalinové, bimetalické, termoelektrické a odporové. Výslednou teplotu určíme kulovým teploměrem.

- **Vlhkost vzduchu**

Udává se v procentech, jako relativní vlhkost vzduchu. Je to poměr hmoty vodní páry obsažené ve vzduchu ke hmotě vodní páry, kterou by obsahoval tentýž objem vzduchu, kdyby byl vodními parami nasycen.[1] Vyhovující vlhkost vzduchu se pohybuje v rozmezí 40 – 60 % r.v. pro teploty 16 – 22 °C. Při hodnotách nižší než 20% pociťuje člověk vysychání sliznic a to označujeme jako **pouštní klima**, hodnoty vyšší než 80 % r.v. označujeme jako **tropické klima**.

Měření viz Teplota vzduchu.

- **Zátěž**

Lze ji definovat různými způsoby. Může to být jak reakce organismu tak i stav napětí, působení vlastní pracovní činnosti, požadavky práce atp.

Pracovní zátěž může mít vliv na stránku fyzickou a psychickou. **Fyzické zatížení** bývá např. když se člověk posadí, musí vydávat určitý objem energie na provozovanou činnost. Čím je práce fyzicky namáhavější tím je potřeba větší objem a kvalita potravy pro krytí energie. Ochrana je např. správné rozvržení práce, odstranění nebo omezení nepříjemných poloh, správná manipulace s břemeny, zařazení přestávek atp. **Psychická zátěž** je postup psychického zpracovávání a vyrovnání se s nároky a vlivy životního a pracovního prostředí. V mnohých případech je velmi obtížná a je potřeba konkrétních zásahů do systému. Prevencí rozumíme např. změna sdělovače, změna osvětlení, zvětšení sdělovačů, zvětšení počtu lidí atp.

### 1.1.2 Hygienické faktory

Pro vhodné prostředí se musí vytvořit vhodné hygienické podmínky. To znamená stav, kdy člověk není ohrožován žádnými škodlivinami, které by mohly způsobit jeho případnou nemoc.

Pokud nebudou hygienické podmínky dostatečné mohou vzniknout nemoci, jež rozdělujeme do dvou kategorií. **Nemoc z povolání** je taková nemoc, která je stanovena v přihlášce MZd. a která vznikla za podmínek, jež jsou tam uvedeny. Tuto nemoc musí lékař hlásit na speciálním tiskopise. **Nemoci ostatní** jsou způsobeny vlivy mimo pracoviště a také způsobují absenci pracovníka na pracovišti.

Opatřením je vybudování a udržování zařízení jako šatny, umývárny, sprchy a záchody včetně zařízení pro poskytování pitné vody, úklidové místnosti atp.

### 1.1.3 Bezpečnostní faktory

Bezpečnost je definována jako stav, kdy nemůže dojít k úrazu. Z definice tedy vyplývá, že "bezpečný" stroj v praxi neexistuje. Každý užívaný stroj má určitou míru "nebezpečnosti".

Výsledkem špatné bezpečnosti je úraz, což se považuje jakékoli porušení zdraví nebo usmrcení. Ten rozdělujeme na pracovní a nepracovní úraz. Pracovní úraz je takový úraz, který si pracovník způsobil při plnění pracovního úkolu. Nepracovní úraz je úraz, který pracovník učinil mimo jeho pracovní náplň nebo mimo závod.

Pro zabránění úrazu máme prevenci, u které řešíme dvě varianty a to jsou řešení nebezpečného faktoru nebo eliminování nevhodného jednání člověka.

### 1.1.4 Sociální faktory

Radíme zde osobní vztahy (konflikty, zklamání, šikana) či životní styl (přejídání, kouření nebo nadměrné konzumování alkoholu), které také mají vliv na pracovišti.

To má za následek vzniku **stresu**, který může způsobit pokles pracovní výkonnosti. [1]



## 2 Osvětlení

Světlo je vyzařované různými zdroji, např. Sluncem, žárovkami nebo různými typy výbojek. Předměty osvětleny těmito zdroji, jsou vnímány proto, že se světlo odráží od jejich povrchu a tyto odražené paprsky putují k našemu oku. Když je osvětlení malé, vnímání je ztíženo a zrak je více namáhán. Je nutno dodat, že naše oko je schopno rozlišit předměty již při osvětlení 0,00003 lx. Pokud osvětlení klesne pod určitou mez, předmět již nevidíme. Osvětlení je obecně definováno jako podíl světelného toku (lumen) a plochy (m<sup>2</sup>) tedy:

$$E = \frac{d\Phi}{dS} [lx] \quad (1)$$

V případě bodového zdroje o svítivosti I(cd), kde paprsky dopadají pod úhlem  $\alpha$  a vzdálenost zdroje r od plochy je vzorec (2):

$$E = \frac{I}{r^2} \cos(\alpha) [lx] \quad (2)$$

Jednotkou osvětlení je lux, značí se lx. Její definice je : „Osvětlení 1 lx má ploška ve vzdálenosti 1m od zdroje světla se svítivostí 1 cd při kolmém dopadu světla.“ [2]

### 2.1 Síť kontrolních bodů

Pro měření osvětlení je nutno vytvořit síť bodů pro výpočet a kontrolu hodnot osvětlenosti. Dává se přednost hlavně čtvercové síti, poměr délky a šířky buňky sítě musí být mezi 0,5 a 2 m.

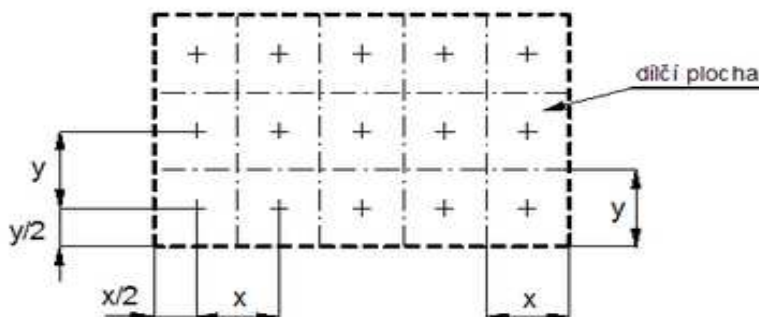
Maximální rozměr buňky musí být:

$$p = 0,2 \cdot 5^{\log_{10} d} \quad (3)$$

kde:  $p \leq 10$

d je rozměr plochy (m)

p je maximální rozměr buňky



Obr.2 Rozmístění sítě kontrolních bodů [7]

Rozteč x by měla odpovídat rozteči y. Také by bylo vhodné zvolit rozteče tak, aby řady (nebo sloupce) byly proměnlivé v ose osvětlovacích otvorů a v ose pilířů.

Rozteče bodů sítě by se neměly shodovat s roztečí svítidel.

Podle ČSN EN 12 464-1 platí:

**Tab.1 Doporučené hodnoty roztečí [3]**

Délka plochy m	Maximální vzdálenost bodů sítě m	Minimální počet bodů sítě
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20

## 2.2 Rovnoměrnost osvětlení

Určí se jako poměr minimální intenzity a průměrné intenzity stanoveného povrchu:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p} \quad (4)$$

doporučené hodnoty rovnoměrnosti osvětlení jsou:

- pro činnosti **zrakově náročné** min. 0,5
- pro činnosti **zrakově průměrné** 0,33
- pro **málo zrakově náročné** činnosti 0,2

Hraniční hodnota je 0,1. Při slabší rovnoměrnosti může docházet k nápadnému narušení zrakové pohody.

Na rovnoměrnost má především vliv:

- druh osvětlení
- typ svítidel
- množství svítidel
- rozmístění svítidel
- odrazivost prostředí

## 2.3 Osvětlenost místa zrakového úkolu

Je to jednotlivé místo na pracovišti, na kterém se nachází zrakový úkol (vizuální prvek vykonávané práce) ve srovnávací rovině, jenž může být vodorovná, svislá nebo nakloněná.

Hodnoty zrakového úkolu by neměly klesnout pod uvedenou hodnotu v tabulce 2-3.

**Tab.2 Vztah mezi osvětlenostmi bezprostředního okolí úkolu a pozadí [3]**

Osvětlenost úkolu [lx]	Osvětlenost bezprostředního okolí úkolu [lx]
≥750	500
500	300
300	200
200	150
150	150
100	100
≤50	$E_{\text{úkolu}}$

Bezprostřední okolí úkolu se rozumí pás o šířce alespoň 0,5 m. Může mít menší hodnoty než osvětlenost místa zrakového úkolu, ale nesmí být menší než hodnoty uvedené v tab. 2-3. [3]

### 3 Měření Osvětlení

K měření osvětlení se používají luxmetry, ve kterých je zabudováno čidlo. Toto čidlo pracuje tak, že osvětlení se převádí na elektrický proud a na stupnici měřidla čteme hodnotu přímo v luxech.

Z praxe je známo, že osvětlení plochy se s zvyšující vzdáleností od zdroje světla zmenšuje. Nejlépe je osvětlena plocha, na kterou kolmo dopadá světlo. Pokud jsou světelné paprsky rovnoběžné s plochou, je osvětlená plocha nulová. [2]

#### 3.1 Postup měření

##### Potřebné pomůcky:

- posuvný metr (nejlépe dva)
- papír
- tužka
- luxmetr
- křída či samolepící papírky

##### Obecná pravidla:

- Musí se zajistit popis celé situace.
- kontrolovat parametry, které mají vliv na měření (teplota).
- vyznačit kontrolní body na měřené ploše, měřené místo by nemělo být stíněno pracovníkem nebo předmětem, jenž nepatří k měřenému stavu.
- Poznamenání naměřených hodnot dělat přehledně.
- Plocha snímače luxmetru musí být ve srovnávací rovině.
- Plocha snímače by měla směřovat směrem ke zdroji světla.

##### Postup:

- 1) Načtneme si plochu pracovní místnosti na papír nebo použijeme pasport(layout) místnosti (pokud je k dispozici).
- 2) Vyznačíme jednotlivé body sítě pomocí posuvného metru a křídly (popřípadě samolepící papírky), přičemž musíme udržovat určitou rozteč mezi body.
- 3) Tyto body vyznačíme do náčrtu pracovní místnosti nebo pasportu.
- 4) Změříme jednotlivé body sítě pomocí luxmetru a zapíšeme hodnoty.

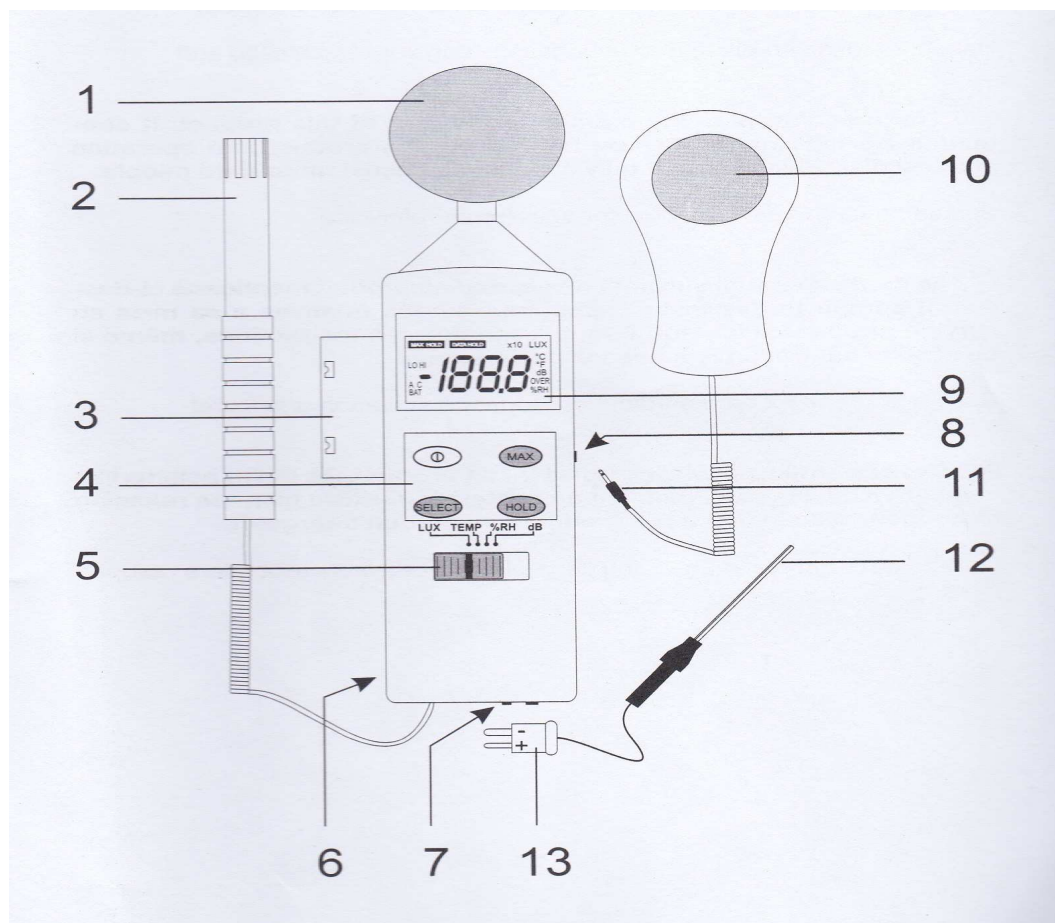
Pozn.: je nutno udržovat vzdálenost srovnávací roviny od podlahy, jinak se hodnoty můžou značně lišit!

### 3.1.1 Multifunkční přístroj Voltcraft 4 in 1

Zařízení, které budeme používat se jmenuje Voltcraft 4in1. Dají se měřit čtyři faktory, jsou to tedy hluk, vlhkost, teplota a osvětlení. Osvětlení se dá měřit v rozsahu 0 až 20 000 luxů s rozlišením 1 či 10 luxu a přesností 5 % rdg + 10 dgt.

**Tab. 3 Technická data Voltcraft 4in1 [8]**

Displej	3 1/2 digitální LC displej
Max. Měřicí rychlost	1,5 měření za sekundu
Provozní teplota	0 °C až 50 °C
Teplota pro zaručenou přesnost	+23°C +/- 5°C
Skladovací teplota	-10 °C až 60 °C, <80% Rel. vlhkosti
Relativní vlhkost	<70% bez kondenzace
Napájecí napětí	9V DC Alkalická blok baterie typu 006P nebo 6F22 nebo 6LR61
Aktuální spotřeba	Cca 6 mA
Rozměry	251 x 85 x 40 (mm)
Hmotnost s baterií	Cca 360 g bez externího snímače



Obr. 3 Popis přístroje Voltcraft [8]

#### Popis přístroje:

- 1 - Mikrofón s odnímatelným chráničem proti větru
- 2 - Snímač vlhkosti
- 3 - Podpora pro snímač vlhkosti
- 4 – Ovládací tlačítka On/off, MAX-Hold, Data-HOLD, SELECT
- 5 – Přepínač hodnot
- 6 – Příhrádka pro baterii na zadní části
- 7 – Připojovací jack pro K typ termo-elektrického snímače
- 8 – Připojovací jack pro světelný snímač
- 9 – LC displej (3.5.digit, nejvyšší ukazovaná hodnota: 1999, funkční symboly jako desetinné body, polarita, symbol baterie,"%", °C, dB,lux" a přebytky se zobrazují

také)

10 – Světelný snímač s ochranným krytem

11 – Konektor světelného snímače

12 – Snímač teploty(K- typ)

13 – K-typ konektor pro připojení jacku

**Tab.4 funkce a rozsahy přístroje voltcraft [8]**

<b>Funkce</b>		<b>Měření dat</b>
DB	měřicí rozsah frekvenční rozsah	A/C LO od 35 až do 100 dB A/C HI od 65 až do 130 dB Od 30 Hz až do 10kHz
%RH	měřicí rozsah rozlišení měřicí čas	Od 25% až do 95% vlhkosti vzduchu 0,1 % přibližně 6 minut
°C	měřicí rozsah snímač K-typu	Od 0° až do 50°C (bez snímače) od -20°C až do 200°C (0,1° rozlišení) od 200°C až do 750°C (1° rozlišení)
Lux	měřicí rozsahy rozlišení	20, 200, 2000, 20 000 lux 1 lux / 10 lux

#### **Návod na použití měřidla při použití funkce osvětlení:**

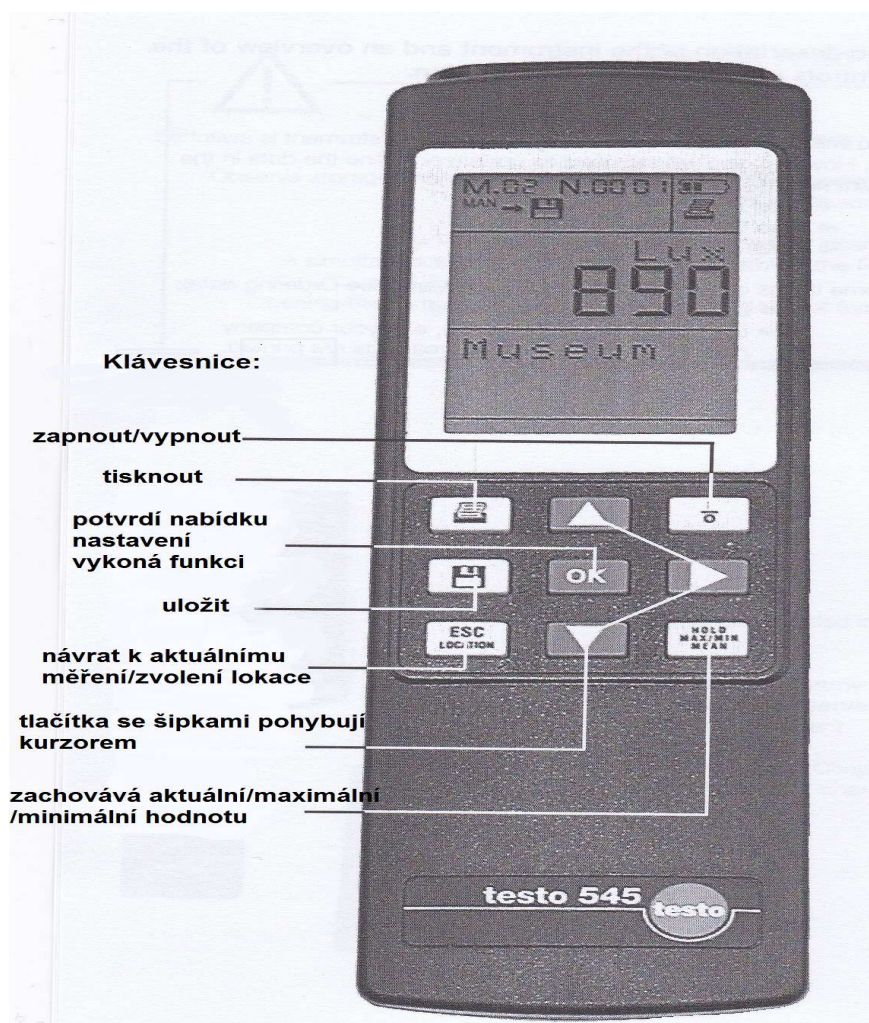
- 1) připojit konektor světelného snímače do jacku měřícího zařízení
- 2) pomocí přepínače změňte hodnotu na lux
- 3) odstraňte ochranný kryt od světelného snímače a umístěte ho do oblasti, které je potřeba měřit
- 4) pokud displej zobrazuje "OVER" hodnota je vyšší či nižší než vybraný rozsah, v tomto případě zvolte tlačítko "SELECT". [8]

### 3.1.2 Přístroj pro měření osvětlení testo 545

Další zařízení, které jsme použili je testo 545. Oproti předchozímu tento slouží pouze na měření intenzity osvětlení a je vybaven ukládací pamětí.

Tab. 5 technická data testo 545 [9]

Displej	2 řádkový LCD a 2 řádkové matice
Provozní teplota	0° C až 50° C
Skladovací teplota	-20 až 70° C
Měřicí rozsah	0 až 100 000 lx
Napájecí napětí	9V IEC 6F22
Hmotnost	500 g
Rozměry	220x 68 x 50
Kontrola baterie	Automaticky ve 4 fázích



Obr.4 Popis přístroje testo 545 [9]



### **Návod na použití měřidla při použití funkce osvětlení:**

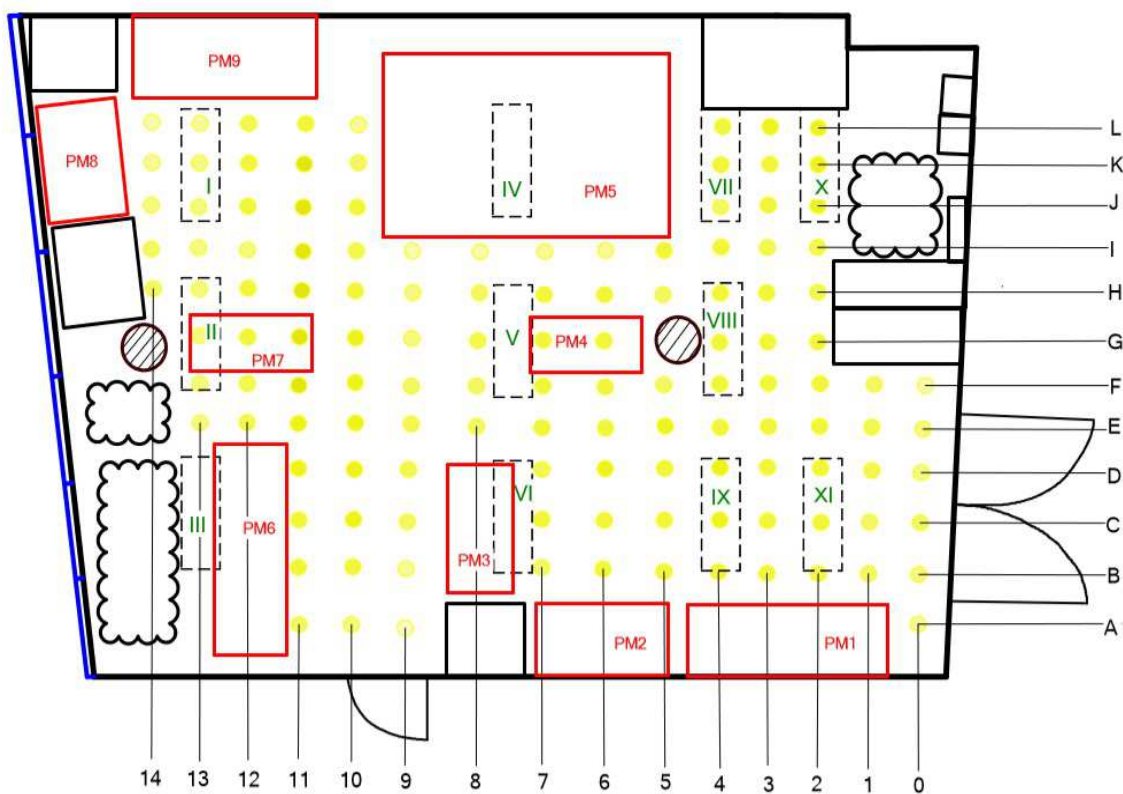
- 1) Zapněte luxmetr a umístěte snímač do oblasti, kterou chcete měřit.
- 2) Hodnota, která se zobrazí můžeme uchovat pomocí tlačítka HOLD/MAX/MIN, při druhém zmačknutí tlačítka se zobrazí max. hodnota, při třetím zmačknutí se zobrazí min. hodnota.
- 3) Pokud chcete hodnotu dát do paměti, stačí stisknout tlačítko uložit, během uchování aktuální/maximální/minimální hodnoty. [9]

### 3.2 Měření na pracovišti

Provádíme v místnosti (nebo v její části) nebo případně na pracovním místě. Srovnávací rovina je většinou vodorovná, ale může být i šikmá nebo svislá.

#### 3.2.1 Případová studie 1

Měření bylo provedeno pomocí luxmetru Voltcraft 4 in 1. Srovnávací rovina byla 0,85m nad podlahou a rozteč mezi jednotlivými body byla 0,6m. Měřené hodnoty jsou označeny žlutě na obr. Svítidla jsou označena čárkovaně černou barvou a očísleny zeleně římskými číslicemi na obr.5. Pracovní místa jsou označena červeně. Některé hodnoty nemohly být změřeny, kvůli umístění objektů. V místnosti se používá 11 svítidel 2x36W Modus LLX. Teplota místnosti byla 25°C.



Obr.5 Sít' kontrolních bodů pracoviště 1

**Tab.6 Hodnoty kombinované osvětlení případové studie 1**

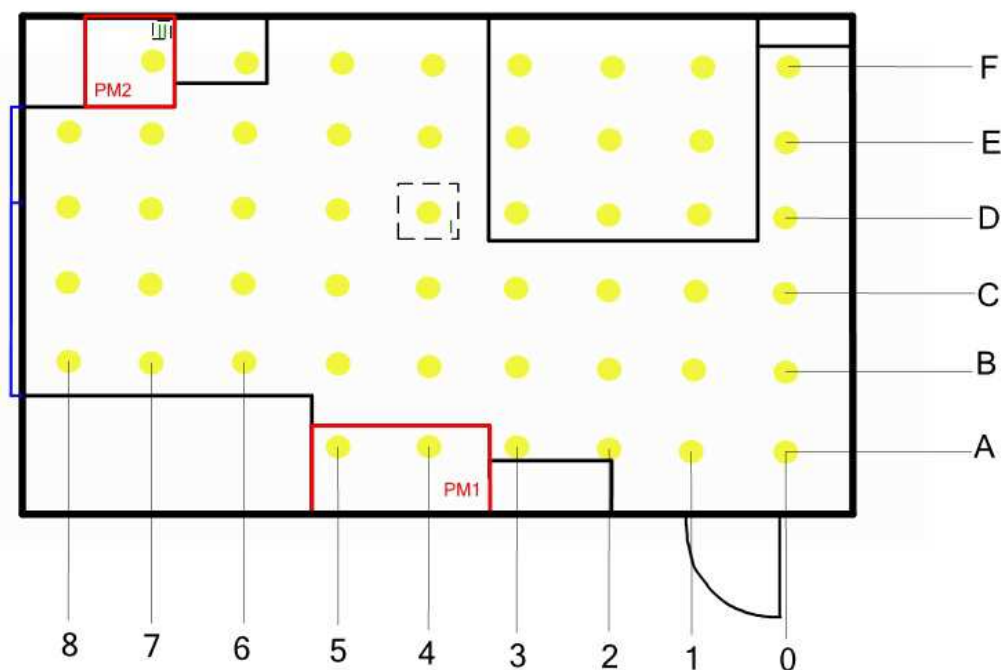
pořadí	Intenzita (lx)											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
0	387	444	476	469	436	408	/	/	/	/	/	/
1	/	571	570	562	522	528	/	/	/	/	/	/
2	/	672	570	580	583	549	561	591	612	633	611	600
3	/	601	558	607	602	539	573	572	605	630	690	651
4	/	572	654	561	610	556	532	544	565	561	585	545
5	/	541	646	603	603	507	/	346	/	/	/	/
6	/	523	625	631	639	528	565	480	/	/	/	/
7	/	487	500	/	570	542	578	491	/	/	/	/
8	/	/	/	/	429	438	555	420	/	/	/	/
9	256	422	463	505	500	516	489	409	/	/	/	/
10	353	442	471	515	661	716	540	658	553	551	505	455
11	472	587	645	681	737	772	/	765	726	700	638	629
12	/	/	/	/	545	591	/	601	601	533	502	518
13	/	/	/	/	541	524	/	448	406	433	457	450
14	/	/	/	/	/	/	/	488	489	521	525	473

**Tab.7 Hodnoty umělého osvětlení případové studie 1**

pořadí	Intenzita(lx)											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
0	394	443	463	448	417	308	/	/	/	/	/	/
1	/	479	537	538	503	475	/	/	/	/	/	/
2	/	541	602	607	572	557	589	612	530	666	696	652
3	/	603	644	647	616	571	575	571	612	621	671	674
4	/	602	653	657	640	629	591	598	588	599	617	615
5	/	571	632	642	621	573	/	459	591	/	/	/
6	/	593	641	659	651	618	557	580	396	/	/	/
7	/	470	530	537	569	571	575	583	384	/	/	/
8	/	/	/	/	478	495	520	485	332	/	/	/
9	238	400	454	492	501	452	437	403	346	/	/	/
10	445	568	656	687	693	698	679	615	519	560	498	355
11	466	588	648	695	694	701	764	745	743	713	691	595
12	/	/	/	/	516	511	570	628	612	599	584	532
13	/	/	/	/	429	434	427	436	433	420	389	364
14	/	/	/	/	/	/	/	494	474	406	369	325

### 3.2.2 Případová studie 2

Provedeno pomocí luxmetru testo 545. Srovnávací rovina byla zvolena 0,85m a rozteč mezi jednotlivými body sítě byla 0,5m. V místnosti se používají 4 zdroje světla resp. jeden lustr označený jako římská I, který obsahuje tři žárovky o příkonu 70 W ,40 W a 42 W. Zdroj označený jako římská II je žárovka o příkonu 40 W. Teplota místnosti byla 20°C.



Obr.6 Sít' kontrolních bodů pracoviště 2

Tab.8 Hodnoty kombinovaného osvětlení případové studie 2

pořadí	Intenzita(lx)					
	A	B	C	D	E	F
0	61	73	78	93	96	97
1	89	117	179	155	207	200
2	78	132	211	203	140	103
3	169	299	288	290	270	159
4	115	180	303	322	218	156
5	101	166	240	232	148	103
6	/	146	164	221	180	/
7	/	241	208	186	106	188
8	/	346	436	268	268	/

**Tab.9 Hodnoty umělého osvětlení případové studie 2**

	<b>Intenzita(lx)</b>					
<b>pořadí</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
0	61	73	78	93	96	97
1	89	117	179	155	207	200
2	78	132	211	203	140	103
3	169	299	288	290	270	159
4	115	180	303	322	218	156
5	101	166	240	232	148	103
6	/	146	164	221	180	/
7	/	40	47	56	122	193
8	/	31	34	35	76	/

## 4 Výsledky a analýza pracoviště

Průměrné hodnoty osvětlenosti a rovnoměrnosti byly stanoveny z normy ČSN EN 12464-1 a ČSN EN 12464-2. Hodnoty by neměly být nižší než hodnoty uvedené v tabulkách níže.

### 4.1 Případová studie 1

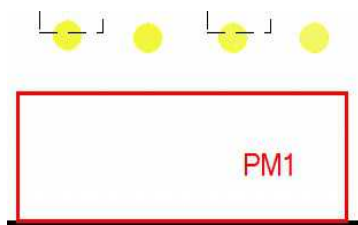
Měřené hodnoty byly porovnávány s umělým osvětlením (měřené večer), jelikož během dne hodnoty nemusí být konstantní.

Tab.10 Hodnoty osvětlení dle normy [4]

Typ pracoviště dle normy	Průměrná osvětlenost	Rovnoměrnost osvětlení
Skladiště a zásobárny	100 lx	0,4
Střední montážní práce	300 lx	0,6
Běžná práce u strojů	300 lx	0,6
Jemné strojní opracování, broušení	500 lx	0,7
Orýsování, kontrola	750 lx	0,7

Pro místo označené jako PM1 máme čtyři hodnoty. Jsou to hodnoty B1,B2,B3,B4. Průměrná hodnota z těchto čtyř je 604 lx.

Činnost: **Běžná práce u strojů.**



Obr.7 PM1 případové studie 1

Pro rovnoměrnost platí vzorec (4) , do kterého dosadíme

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{571}{604} = 0,9 \quad (5)$$

Osvětlení pracovního místa PM1  $U_o = 0,9 > 0,6$  a zrkového úkolu  $E_p = 604 \text{ lx} > 300 \text{ lx}$  **vyhovují.**

Pro místo označené jako PM2 jsou pouze tři hodnoty. Jsou to hodnoty B5, B6, B7. Průměrná hodnota je 544 lx.

Činnost: **Běžná práce u strojů.**



*Obr.8 PM2 případové studie 1*

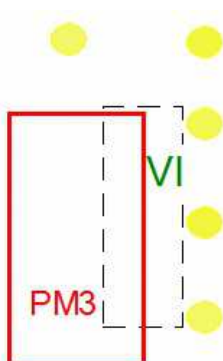
Pro rovnoměrnost(4) platí:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{470}{544} = 0,86 \quad (6)$$

Osvětlení pracovního místa PM2  $U_o = 0,86 > 0,6$  a zřakového úhlu  $E_p = 544 \text{ lx} > 300 \text{ lx}$  **vyhovují.**

Pro místo označené jako PM3 máme 4 hodnoty. Tedy hodnoty B7, C7, D7, E7. E8 nijak neovlivňuje místo, proto se nezapočítává. Průměrná hodnota těchto čtyř je 531 lx.

Činnost: **Běžná práce u strojů**



*Obr.9 PM3 případové studie 1*

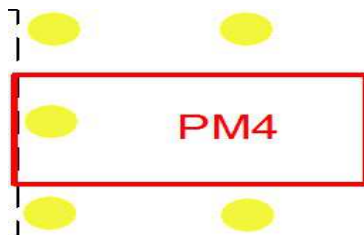
Pro rovnoměrnost (4) platí:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{470}{531} = 0,89 \quad (7)$$

Osvětlení pracovního místa PM3  $U_o = 0,89 > 0,6$  a zřakového úhlu  $E_p = 531 \text{ lx} > 300 \text{ lx}$  **vyhovují.**

Pro místo označené jako PM4 máme 6 hodnot. Tedy F6,H6,F7,H7,G7 a G6. Průměrná hodnota je 580 lx.

Činnost: **Střední montážní práce, Orýsování, kontrola**



*Obr.10 PM4 případové studie 1*

Pro rovnoměrnost (4) platí:

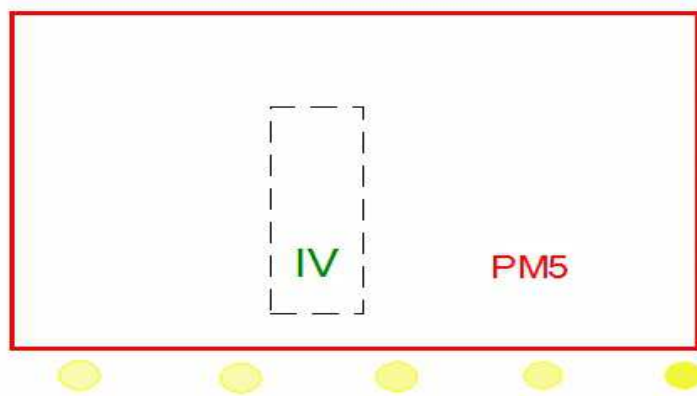
$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{557}{580} = 0,96 \quad (8)$$

Osvětlení pracovního místa PM4  $U_o = 0,96 > 0,7$  a zrakového úkolu  $E_p = 580 \text{ lx} < 750 \text{ lx}$  **nevyhovují**.

Je nutno udělat vylepšení pracovního místa.

Pro místo označené jako PM5 máme 5 hodnot. Tedy I5,I6,I7,I8 a I9. Průměrná hodnota je 409 lx.

Činnost: **Běžná práce u strojů**



*Obr.11 PM5 případové studie 1*

Pro rovnoměrnost (4) platí:

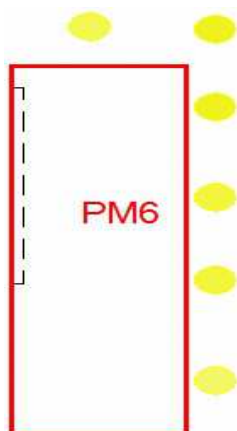
$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{346}{409} = 0,84 \quad (9)$$

Osvětlení pracovního místa PM5  $U_o = 0,84 > 0,6$  a zrakového úkolu  $E_p = 409 \text{ lx} > 300 \text{ lx}$  **vyhovují**.



Pro místo označené jako PM6 máme 6 hodnot. Tedy A11,B11,C11,D11,E11,E12. Průměrná hodnota je 601 lx.

Činnost: **Skladiště a zásobárny**



*Obr.12 PM6  
případové studie 1*

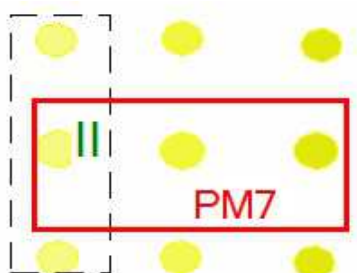
Pro rovnoměrnost (4) platí:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{466}{601} = 0,77 \quad (10)$$

Osvětlení pracovního místa PM6  $U_o = 0,77 > 0,4$  a zřakového úhlu  $E_p = 601 \text{ lx} > 100 \text{ lx}$  **vyhovují**.

Pro místo označené jako PM7 máme 9 hodnot. Tedy F11,F12,F13,G11,G12,G13,H11,H12,H13. Průměrná hodnota je 579 lx.

Činnost: **Střední montážní práce**



*Obr.13 PM7 případové studie 1*

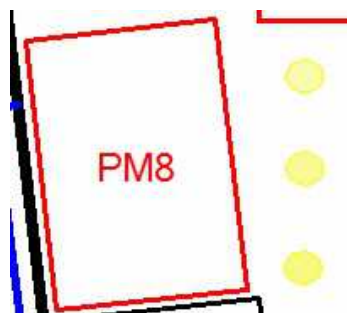
Pro rovnoměrnost (4) platí:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{434}{579} = 0,75 \quad (11)$$

Osvětlení pracovního místa PM7  $U_o=0,75 > 0,6$  a zrakového úkolu  $E_p=579 \text{ lx} > 300 \text{ lx}$  **vyhovují**.

Pro místo označené jako PM8 máme 3 hodnoty. Tedy J14,K14 a L14. Průměrná hodnota je 366 lx.

Činnost: **Střední montážní práce**



*Obr.14 PM8 případové studie 1*

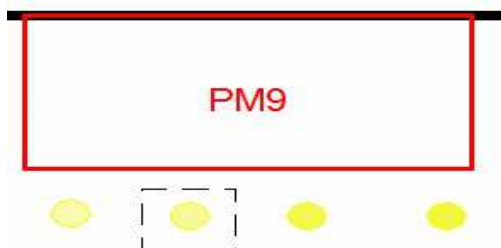
Pro rovnoměrnost (4) platí:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{325}{366} = 0,88 \quad (12)$$

Osvětlení pracovního místa PM8  $U_o=0,88 > 0,6$  a zrakového úkolu  $E_p=366 \text{ lx} > 300 \text{ lx}$  **vyhovují**.

Pro místo označené jako PM9 máme 4 hodnoty. Tedy L14,L13,L12,L11. Průměrná hodnota je 454 lx.

Činnost: **Broušení**



*Obr.15 PM9 případové studie 1*

Pro rovnoměrnost (4) platí:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{325}{454} = 0,72 \quad (13)$$

Osvětlení pracovního místa PM9  $U_o = 0,72 > 0,7$  a zřakového úhlu  $E_p = 454 \text{ lx} < 500 \text{ lx}$  **nevyhovují**. Je nutno udělat vylepšení pracovního místa.

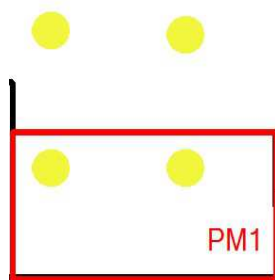
## 4.2 Případová studie 2

Měřené hodnoty byly porovnávány s umělým osvětlením.

Tab.11 Hodnoty osvětlení dle normy [4]

Typ pracoviště dle normy	Průměrná osvětlenost	Rovnoměrnost osvětlení
Psaní, psaní na stroji, čtení, zpracování dat	500	0,6
archivy	200	0,4

Pro místo označené jako PM1 máme 4 hodnoty. Tedy A4,A5,B4 a B5. Průměrná hodnota je 140,5 lx.



Obr.16 PM1 případové studie 2

Činnost: **Psaní na stroji, čtení, zpracování dat**

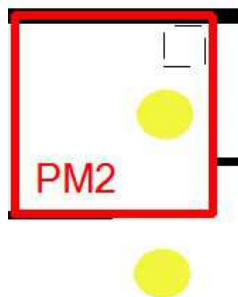
Pro rovnoměrnost(4) platí:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{101}{140,5} = 0,72 \quad (14)$$

Osvětlení pracovního místa PM1  $U_o = 0,72 > 0,6$  a zřakového úhlu  $E_p = 140,5 \text{ lx} < 500 \text{ lx}$  **nevyhovují**. Je nutno udělat vylepšení pracovního místa.

Pro místo označené jako PM2 máme pouze 2 hodnoty. Tedy E7,F7. Průměrná hodnota je 157,5 lx.

Činnost: **Archivy**



*Obr.17 PM2  
případové studie 2*

Pro rovnoměrnost (4) platí:

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p} = \frac{122}{157,5} = 0,77 \quad (15)$$

Osvětlení pracovního místa PM2  $U_o = 0,77 > 0,4$  a zřakového úhlu  $E_p = 157,5 \text{ lx} < 200 \text{ lx}$  **nevyhovují**. Je nutno udělat vylepšení pracovního místa.

## 5 Návrhy na zlepšení

Pro optimální osvětlení je nutno doporučit návrh v podobě jednoho či více zdrojů světla, kde jsou špatné světelné podmínky. Ty jsou v místech PM1, PM2 v druhém případovém studiu a PM4, PM9 v prvním případovém studiu.

Tab.12 Charakteristiky vybraných světelných zdrojů [1]

Typ Zdroje			Příkon (W)	Měrný výkon (lm/W)	Teplota(K)
žárovky	obyčejné		25	9,2	2500
			60	11,9	2600
			100	13,5	2700
			200	15,1	2800
	halogenové	lineární	500	19	-3000
			1500	20	
		nízkonapětové	20	17,5	
			100	20	
zářivky			20	40	3000-7000
			40	55	
výbojky	rtuťové		125	43	>5500
			400	55	
	halogenové		1000	90	4000
			2000	95	
	sodíkové		100	100	3000
			400	120	
luminiscenční				1-5	<2000
slunce	Ráno			1800	
	v poledne			7000	
	modrá obloha a bílé mraky			13000	
	sytě modrá obloha			25000	
Oheň, svíčka				1800	

Pro výpočet potřebného příkonu bude použit vzorec:

$$P = \frac{E^* S^* p}{100} [W] \quad (16)$$

kde  $P$  – potřebný příkon(W)  $E$  – potřebná intenzita osvětlení  
 $S$  – plocha místnosti nebo pracoviště (m<sup>2</sup>)  $p$  - poměrný příkon(W m<sup>-2</sup> lx<sup>-1</sup>)

Pro výpočet osvětlenosti v bodě P světelného zdroje, pokud uvažujeme svítidlo umístěné nad osvětlovaným místem je použit vzorec:

$$E = \frac{I_\gamma}{l^2} [lx] \quad (17)$$

kde  $l$  – vzdálenost od zdroje k místu P (m)  $I_\gamma$  - světelný tok (lm)  
ze vzorce (6) vyjádříme vzdálenost

$$l = \sqrt{\frac{I_\gamma}{E}} [m] \quad (18)$$

Potřebný počet svítidel vypočteme ze vztahu:

$$s = \frac{P}{P_s} \quad (19)$$

kde  $s$  – počet svítidel určitého typu  $P$ - vypočtený potřebný výkon  
 $P_s$  - příkon zvoleného typu svítidla

*Tab.13 Hodnoty poměrného příkonu [1]*

Osvětlení	Žárovkami (od 100 W výše)			Zářivky a rtuťové výbojky		
stěny	světlé	tmavé	tmavé	světlé	tmavé	tmavé
strop	světlý	světlý	tmavý	světlý	světlý	tmavý
přímé	16	18	20	5	6	6
polopřímé	20	24	28	6	7	8
smíšené	24	30	37	7	9	11
polonepřímé	28	37	48	8	11	13
nepřímé	32	46	63	9	13	19

Pro PM4 první případové studie máme hodnotu potřebné intenzity osvětlení  $E=750$  lx, plochu  $S=0,665$  m<sup>2</sup> a dle Tab.13 vybereme osvětlení zářivkami, stěny i

stropy zvolíme světlé a přímé osvětlení, hodnota poměrného příkonu  $p$  je 5.

do vzorce (16) dosadíme

$$P = \frac{750 \cdot 0,665 \cdot 5}{100} = 24,936 \text{ W} \quad (20)$$

dle Tab.12 zvolíme vhodný zdroj, v tomto případě zářivku o příkonu 40 W.

Dále spočítáme optimální vzdálenost od zdroje k místu P ze vzorce (7), volíme LED zářivkové těleso 120cm 40W o svítivosti 5000 lumenů.

$$l = \sqrt{\frac{5000}{750}} = 2,58 \text{ m} \quad (21)$$

spočítáme počet svítidel podle vzorce (19):

$$s = \frac{24,936}{40} = 0,623 \approx 1 \quad (22)$$

Pro PM9 prvního pracoviště máme hodnotu potřebné intenzity osvětlení  $E=500 \text{ lx}$ , plochu  $S=0,9375 \text{ m}^2$  a dle Tab.13 vybereme osvětlení zářivkami, stěny i stropy zvolíme u všech u případů tmavé a přímé osvětlení, hodnota poměrného příkonu  $p$  je 6.

do vzorce (5) dosadíme

$$P = \frac{500 \cdot 0,9375 \cdot 6}{100} = 28,125 \text{ W} \quad (23)$$

dle Tab.12 zvolíme vhodný zdroj, v tomto případě zářivku o příkonu 40 W.

Spočítáme optimální vzdálenost od zdroje k místu P ze vzorce (7), volíme LED zářivkové těleso 120cm 40W o svítivosti 5000 lumenů.

$$l = \sqrt{\frac{5000}{500}} = 3,16 \text{ m} \quad (24)$$

Spočítáme počet svítidel podle vzorce (19) :

$$s = \frac{28,125}{40} = 0,703 \approx 1 \quad (25)$$

Pro PM1 druhého pracoviště máme potřebnou hodnotu  $E=500 \text{ lx}$ , plochu  $S=0,69 \text{ m}^2$  a dle Tab.13 vybereme osvětlení žárovkami, stěny a stropy tmavé, polopřímé osvětlení a hodnotu poměrného příkonu  $p = 28$ .

do vzorce (5) dosadíme

$$P = \frac{500 \cdot 0,69 \cdot 28}{100} = 96,6 \text{ W} \quad (26)$$

zvolíme žárovku o příkonu 100 W.

Spočítáme optimální vzdálenost od zdroje k místu P ze vzorce (7), volíme Žárovku TES-LAMP o výkonu 100W a svítivosti 1340 lm.

$$l = \sqrt{\frac{1340}{500}} = 1,64 \text{ m} \quad (27)$$

Spočítáme počet svítidel dle vzorce (19):

$$s = \frac{96,6}{100} = 0,966 \approx 1 \quad (28)$$

Pro PM2 druhého pracoviště máme potřebnou hodnotu  $E=500 \text{ lx}$ , plochu  $S=0,595 \text{ m}^2$ , zvolíme osvětlení zářivkami, stěny a stropy tmavé, přímé osvětlení a hodnotu poměrného příkonu  $p = 20$ .

do vzorce (5) dosadíme

$$P = \frac{500 * 0,595 * 20}{100} = 59,5 \text{ W} \quad (29)$$

Spočítáme optimální vzdálenost od zdroje k místu P ze vzorce (7), volíme LED Žárovku E27 o výkonu 20 W a svítivosti 2050 lm.

$$l = \sqrt{\frac{2050}{500}} = 2,02 \text{ m} \quad (30)$$

Spočítáme počet svítidel dle vzorce (19):

$$s = \frac{59,5}{20} = 2,975 \approx 3 \quad (31)$$

## Výběr osvětlení

Je vhodné potrpět si na správný výběr vzhledem k užití v interiéru. Měli bychom uvážit těchto pár bodů:

- Při výběru bychom měli zohlednit účel osvětlení a zvláštnost prostoru.  
Např. V pokoji zvolit měkké a příjemné světlo a pro pracovní stůl v laboratoři přímé a jasné svítidlo.
- Svítivost (množství světla) – značena v lumenech, obecně platí, čím vyšší hodnota lumenů, tím je větší svítivost.
- Životnost –pro místa, kde se svítí často je nutno zvolit životnost nad 30 000h, je nutno podotknout, že životnost LED osvětlení je několikanásobně delší oproti klasickým světelným zdrojům.
- Počet spínacích cyklů (kolik vydrží zhasnutí a rozsvícení) – hlavně pro často navštěvované místnosti min.30 000.
- Barvu světla (teplota chormaticnosti) – je značena v Kelvinech, platí čím nižší číslo, tím je světelný odstín teplejší. Bílá barva je v rozmezí 5000 – 6000 Kelvinů. Teple bílá barva je v rozmezí 2800 – 3300 Kelvinů. Porovnání jednotlivých zdrojů světla je v tab.12.
- Zohlednit tvar (parametry) světelného zdroje. [10]



## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit návod pro pracovníka provádějící ergonomickou analýzu pracoviště.

V teoretické části bylo uvedeno seznámení s ergonomií a s jejími faktory z kterých jsem se pak zaměřil na osvětlení. Dále jsem rozebíral postupy měření osvětlení, obecná pravidla a nutné pomůcky.

V praktické části byly vybrány dvě oblasti na měření, tedy prostor strojní výroby a administrativní prostor. Osvětlení bylo měřeno jak v nočních hodinách tak i v denních hodinách. V obou případech byly postupy stejné. Na ploše prostoru byla vytvořena síť bodů pomocí běžného metru, které byly jednotlivě měřeny luxmetrem. Při celém měření byla dodržována legislativa .

Pro oba prostory byly vytvořeny také layouts s vyznačenou sítí a objekty. Na prvním případovém studiu byly zjištěny dvě nevyhovující pracovní místa konkrétně označené PM4 a PM9. Na druhém případovém studiu PM1 a PM2. Všechny tyto místa vyhovovaly z hlediska rovnoměrnosti, avšak ne z hlediska průměrné intenzity.

V poslední části se zaměřilo na naprávná opatření a řešila se nevyhovující místa obou případových studií. Poté byl spočítán potřebný příkon, optimální vzdálenost a počet svítidel. V případě administrativního prostoru vyšel počet svítidel pro PM1 jeden a pro PM2 tři. V případě strojního prostoru bylo pro PM4 jedna a pro PM9 taky jedna.

Dále dle potřebného výkonu byl zvolen vhodný zdroj světla z tabulky a poté konkrétní zdroj z katalogu výrobce, tedy dvě zářivková tělesa o příkonu 40W pro první případovou studii tj. prostor strojní výroby a dvě žárovky o příkonu 100W a 20W pro druhou případovou studii tj. administrativní prostor. Ve výběru osvětlení byla také zohledněna životnost, počet spínacích cyklů a svítivost.

Napravná opatření při zjištění ergonomických nedostatků byly splněny a doporučeno opatření pro snížení ergonomického rizika. Jako další opatření se doporučuje výměna a dobré umístění zdroje světla na pracovišti, která by splňovala legislativu.

Návod pro pracovníka, který byl cílem práce byl tedy zpracován. Jako příloha byla zhotovena dokumentace pro zpracování měření, která by mohla být pomůckou pro pracovníka provádějící screening pracoviště. Smyslem práce bylo také poukázat jak důležité je osvětlení pro zrakovou zátěž a kvalitní činnost pracovníka. Všechny cíle a body práce jsou tímto splněny.

## Použitá literatura

- [1] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
- [2] LEPIL, Oldřich, Milan BEDNAŘÍK a Radmila HÝBLOVÁ. *Fyzika pro střední školy II*. Dotisk 3., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2001. ISBN 9788071961857.
- [3] ČSN EN 12464-1: 2012 (36 0450) Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory
- [4] ČSN EN 12464-2: 2012 (36 0450) Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 2: Venkovní pracovní prostory
- [5] ČSN EN 12665: 2012 (36 0001) Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení
- [6] Ergonomie. In: *Svět produktivity* [online]. Praha: CPI Web servis, 2012 [cit. 2017-09-14]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Ergonomie.htm>
- [7] Měření denního osvětlení. In: *Tzbinfo* [online]. Praha: Topinfo, 2012 [cit. 2017-09-14]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/denni-osvetleni-a-osluneni/8491-mereni-denniho-osvetleni>
- [8] NÁVOD K OBSLUZE. *Produktinfo conrad* [online]. Berlin: Conrad, 2013 [cit. 2018-06-23]. Dostupné z: [http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/100000-124999/101040-an-01-cs-Multif\\_mer\\_pristroj.pdf](http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/100000-124999/101040-an-01-cs-Multif_mer_pristroj.pdf)
- [9] Instruction manual. *Testo* [online]. Lenzkirch: Testo, 1999 [cit. 2018-06-23]. Dostupné z: <https://media.testo.com/media/a7/d9/277053b8355e/testo-545-Instruction-manual.pdf>
- [10] Jak vybrat svítidlo. *Světloblog* [online]. Praha: Michal Staša, 2015 [cit. 2018-06-22]. Dostupné z: <http://www.svetloblog.cz/index.php?blog=jak-vybrat-svitidlo>

Příloha A - nevyplněný formulář

Jméno:

Datum:

Pracoviště:

Potřebné vzorce

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p}$$
$$E_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$

E<sub>min</sub> – nejnižší hodnota z daného úseku

Formulář o měření osvětlení na pracovišti

	[lx]												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

Náčrt pracoviště a sítě

Doporučené hodnoty roztečí		
Délka plochy m	Maximální vzdálenost bodů sítě m	Minimální počet bodů sítě
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20
Hodnoty osvětlení dle normy		
Typ pracoviště dle normy	Průměrná osvětlenost	Rovnoměrnost osvětlení
Skladiště a zásobárny	100 lx	0,4
Střední montážní práce	300 lx	0,6
Běžná práce u strojů	300 lx	0,6
Jemné strojní opracování, broušení	500 lx	0,7
Ořýsování, kontrola	750 lx	0,7

Příloha B - Vzor formuláře

červeně označené políčka  
znamenají počítané  
hodnoty

Jméno:

Datum:

Pracoviště:

Potřebné vzorce

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_p}$$
$$E_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$

E<sub>min</sub> – nejnižší hodnota z daného úseku

Formulář o měření osvětlení na pracovišti – VZOR

	[lx]												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	100	100	100	150	200	100	100						
2	100	100	200	150	150	150	150						
3	150	100	100	100	200	200	150						
4	200	200	150	200	150	150	200						
5	150	150	150	200	100	100	200						
6	100	150	100	150	100	150	100						
7	150	150	100	150	150	150	100						
8	200	100	150	200	200	200	100						
9	100	200	200	150	200	150	100						
10	200	150	100	150	150	150	150						
11	200	150	300	200	150	150	150						
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

Náčrt pracoviště a sítě

Doporučené hodnoty roztečí

Délka plochy m	Maximální vzdálenost bodů sítě m	Minimální počet bodů sítě
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20

Hodnoty osvětlení dle normy

Typ pracoviště dle normy	Průměrná osvětlenost	Rovnoměrnost osvětlení
Skladiště a zásobárny	100 lx	0,4
Střední montážní práce	300 lx	0,6
Běžná práce u strojů	300 lx	0,6
Jemné strojní opracování, broušení	500 lx	0,7
Ořýsování, kontrola	750 lx	0,7

	E <sub>p</sub>	U <sub>o</sub>
1	180	0,53
2	157	0,64
3	180	0,83

před návrhem  
pracoviště je nutné  
zvolit rozteč a počet  
bodů sítě

hodnoty dle normy,  
které slouží k  
porovnání zda-li  
pracovní místo  
vyhovuje nebo ne

spočítané hodnoty  
průměrných intenzit a  
rovnoměrností